

К ВОПРОСУ О РАЦИОНАЛЬНОЙ ДЛИНЕ ПРУЖИНЫ БУРДОНА

В. И. КОПЫТОВ, М. П. ШУМСКИЙ

(Представлена научным семинаром кафедр гигроскопических приборов и устройств)

Цель настоящей работы — показать, что возможно значительное укорочение манометрической трубки (пружины Бурдона) при сохранении ее чувствительности (перемещения конца пружины).

В настоящее время в манометрах широко применяются пружины Бурдона с центральным углом γ° (рис. 1), близким к 270° . Этот выбор обусловлен тем, что дальнейшее увеличение центрального угла

не дает заметной прибавки чувствительности, а уменьшение центрального угла, например, до 180° , то есть на 33 %, уменьшает перемещение конца пружины на 35 %.

Зависимость между центральным углом пружины и перемещением конца δ может быть получена следующим образом.

Известно, что повышение давления в пружине Бурдона ведет к увеличению радиуса кривизны оси пружины (рис. 1). Считая, что длина оси при этом сохраняется, получим уравнение траектории конца пружины B

$$r_0 \gamma_0 = r \cdot \gamma.$$

После перехода к декартовым координатам уравнение траектории будет:

$$x = -r_0 \frac{\gamma_0}{\gamma} \sin \gamma,$$

$$y = r_0 \frac{\gamma_0}{\gamma} (1 - \cos \gamma).$$

Малое перемещение конца пружины по траектории можно рассматривать, как поворот вокруг мгновенного центра вращения $P(x_p, y_p)$ [1]. Для отыскания координат мгновенного центра вращения можно воспользоваться формулами (2)

$$x_p = -r_0 \frac{1 - \cos \gamma_0}{\gamma_0}, \quad y_p = r_0 \left(1 - \frac{\sin \gamma_0}{\gamma_0} \right). \quad (2)$$

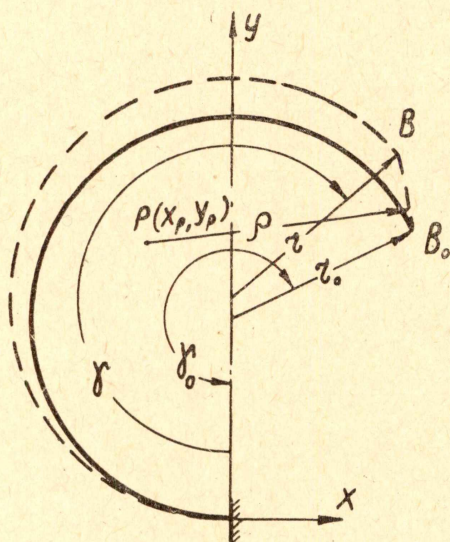


Рис. 1.

При увеличении радиуса пружины r_0 на Δr конец пружины повернется на угол

$$\alpha = \gamma_0 - \gamma = \gamma_0 \frac{\Delta r}{r}. \quad (3)$$

Перемещение конца пружины δ равно произведению угла поворота на расстояние ρ от мгновенного центра до конца пружины:

$$\delta = \alpha \cdot \rho = \gamma_0 \cdot \frac{\Delta r}{r} \sqrt{(x - x_p)^2 + (y - y_p)^2}. \quad (4)$$

Кривая 1 (рис. 2) показывает, как изменяется перемещение кон-

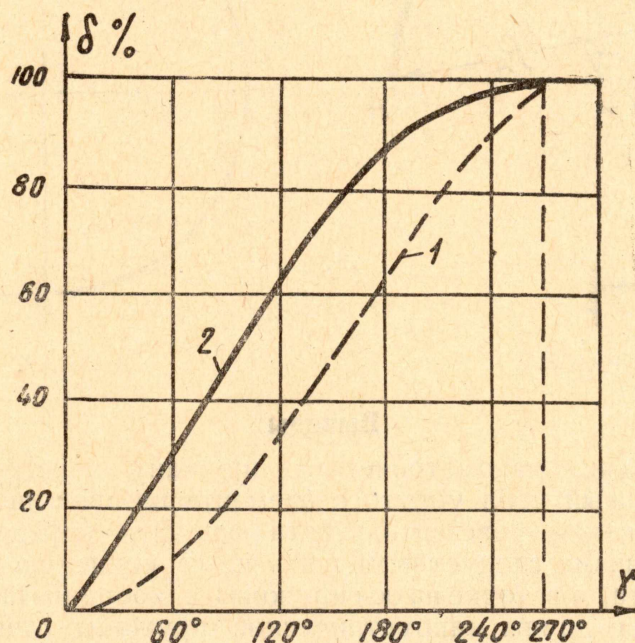


Рис. 2.

ца пружины δ при изменении центрального угла γ_0 в пределах от 0 до 270° .

Определим теперь перемещение конца пружины с центральным углом 270° , участок которой от конца, с центральным углом $270^\circ - \gamma$, выполнен жестким (рис. 3).

Перемещение конца пружины будет равно произведению угла поворота сечения C на расстояние от его мгновенного центра вращения до конца пружины:

$$\delta_1 = \alpha \cdot \rho_A = \gamma_0 \frac{\Delta r}{r} \sqrt{(x_A - x_p)^2 + (y_A - y_p)^2}. \quad (5)$$

Зависимость перемещения конца этой пружины от величины центрального угла ее упругой части показана на рис. 2 кривой 2.

Из графика видно, что уменьшение центрального угла упругой части пружины, например, на 90° , т. е. на $1/3$, снижает перемещение конца пружины всего на 11 %.

Далее из формулы (5) следует, что перемещение конца может быть увеличено за счет увеличения ρ_A , но при этом уменьшится тяговое усилие.

Для проверки теоретических выводов были проделаны опыты. Измерялись перемещения конца пружины и конца стрелки (рис. 4).

прикрепленной к пружине, при повышении давления равными ступенями. Измерения проведены на проекторе при увеличении в 50 раз.

Установлено, что в пределах точности опыта теоретические и экспериментальные результаты совпадают. При расчетах принималось, что оба конца трубки на длине, соответствующей центральному углу 8° , являются жесткими [2].

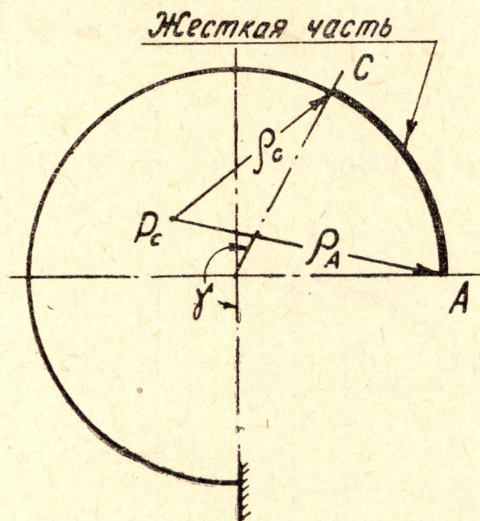


Рис. 3.

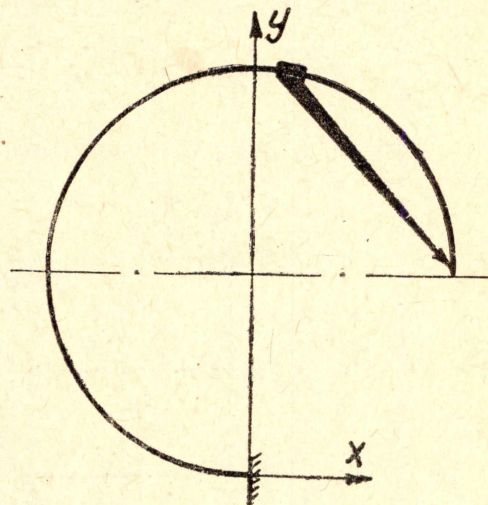


Рис. 4.

Выводы

Целесообразно манометрическую пружину конструировать так, чтобы центральный угол упругого элемента не превышал $220 \div 240^\circ$.

Для сохранения чувствительности ось тяги передаточно-множительного механизма следует помещать не на конце укороченного упругого элемента, а в точке на оси пружины с координатами $270^\circ \div 300^\circ$.

Уменьшение длины манометрической пружины удешевит приборы и увеличит устойчивость к динамическим нагрузкам за счет уменьшения веса и размеров упругой части.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Феодосьев. Упругие элементы точного приборостроения. Государственное издательство оборонной промышленности, М., 1949.
2. Walter W u e s t. Die Bewegungslehre von Röhrenfedern. Leitschrift für Instrumentenkunde, 63 jargang Dezember, 1943.